高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡饲粮表观代谢能、屠宰性能和肉品质的影响

胡贵丽　唐千甯　曾述礼　宋泽和　张石蕊　范志勇　贺　喜*

（湖南农业大学动物科学技术学院，饲料安全与高效利用教育部工程研究中心，湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128)

摘　要：本试验旨在研究高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对良凤花肉鸡屠宰性能、肉品质、表观代谢能和主要营养物质表观消化率的影响。试验选取 900 只 1 日龄体重相近的健康良凤花公鸡，随机分为 5 个组，分别为对照组（基础饲粮）、高粱组、高粱+复合酶组、高粱+益生菌组和高粱+复合酶+益生菌组，每组 6 个重复，每个重复 30 只鸡。试验全期为 68 d。分为前期（1～28 日龄）、后期（29～56 日龄）和代谢试验期（57~68 日龄）3 个阶段进行。试验组前期用高粱替代 30%的玉米，添加 200 g/t 复合酶制剂；后期用高粱替代 50%的玉米，添加 300 g/t 复合酶制剂；全期添加 100 g/t 益生菌。结果表明：1）与对照组相比，高粱+复合酶组和高粱+复合酶+益生菌组粗纤维（CF）表观消化率显著提高（$P<0.05$），各试验组表观代谢能（AME）及其余营养物质表观消化率差异不显著（$P>0.05$）。2）与对照组相比，高粱+益生菌组和高粱+复合酶+益生菌组半净膛率显著提高（$P<0.05$），各组其他屠宰性能指标均无显著差异（$P>0.05$）。3）与对照组相比，高粱+复合酶+益生菌组胸肌亮度（L*）值显著提高（$P<0.05$），试验组腿肌红度（a*）值显著降低（$P<0.05$）。综上，在高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌可以提高 CF 的表观消化率，对肉鸡屠宰性能和肉品质均无不良影响。

关键词：高粱；复合酶制剂；芽孢杆菌；屠宰性能；肉品质；代谢能；营养物质消化率

中图分类号：S816.7　　文献标识码：　　文章编号：

高粱是一年生的禾本科植物，其营养价值与玉米接近，可作为替代玉米的能量饲料原料[1]。但因其自身含有抗营养因子如单宁、醇溶蛋白和植酸等，影响高粱中营养物质的消化吸收[2]，限制了其在生产上的广泛应用。武玉珺等[3]研究在高粱饲粮中添加复合酶制剂对肉鸡表观代谢能（AME）和粗蛋白质（CP）表观消化率的影响，结果表明，添加复合酶制剂能提高饲粮中 AME 和 CP 的表观消化率。而张泽楠等[4]研究显示，在饲粮中添加枯草芽孢杆

收稿日期：2017－04－20

基金项目：国家重点研发计划（2016YFD0501209）；2014 科技部科技基础性工作专项（2014FY111000-3）

作者简介：胡贵丽（1993—），女，贵州遵义人，硕士研究生，研究方向为饲料资源开发与利用。E-mail: 1104969633@qq.com

*通信作者：贺　喜，教授，硕士生导师，E-mail: hexi111@126.com

菌能提高 5~16 周龄五龙鹅粗纤维（CF）、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）的表观消化率。林谦等[5]通过在饲粮中添加复合酶制剂和益生菌，研究对黄羽肉鸡营养物质利用率和屠宰性能的影响，结果表明，复合酶制剂与益生菌联用提高了饲粮营养物质利用率和肉鸡屠宰性能。但鲜少报道复合酶制剂与益生菌联合在高粱饲粮中使用对肉鸡的影响。为此，本试验通过在高粱饲粮中添加复合酶制剂与益生菌饲喂良凤花肉鸡，探索其对试鸡营养物质消化、屠宰性能和肉品质的影响，为高粱在养殖业中更好地应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验动物：良凤花肉公鸡 900 只，由湖南湘佳牧业股份有限公司提供。

酶制剂：高粱专用复合酶，由北京某公司提供，含有单宁酶（酶活 2 000 U/g）、木聚糖酶（酶活 20 000 U/g）、β－甘露聚糖酶（酶活 1 500 U/g）、蛋白酶（酶活 3 000 U/g）和淀粉酶（酶活 500 U/g）。

益生菌：含枯草芽孢杆菌，由山东某公司提供，有效菌数量≥2.97×10^{10} CFU/g。

高粱：美国高粱，购于岳阳港口。

1.2 试验动物与分组

选取 1 日龄良凤花肉公鸡 900 只，随机分为 5 个组，每组 6 个重复，每个重复 30 只鸡。各组鸡初始体重无显著差异（P>0.05）。试验期为 68 d，分为前期（1～28 日龄）、后期（29～56 日龄）和代谢试验期（57~68 日龄）3 个阶段进行。

试验采用单因素随机试验设计，分为基础饲粮组（对照组）、高粱组、高粱+复合酶组、高粱+益生菌组和高粱+复合酶+益生菌组。前期试验组用高粱替代 30%的玉米，复合酶制剂添加 200 g/t; 后期用高粱替代 50%的玉米，复合酶制剂添加 300 g/t; 全期益生菌添加 100 g/t。试鸡采用粉料饲喂。

1.3 试验饲粮与营养水平

试验基础饲粮参考 NRC（1994）和 NY/T 33—2004《鸡饲养标准》中的肉鸡营养需要，选用玉米、豆粕、大米蛋白粉、菜籽粕等原料配置而成，试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　%

项目 Items	1~28 日龄 1 to 28 days of age	29~56 日龄 29 to 56 days of age

	对照组 Control group	试验组 Experimental group	对照组 Control group	试验组 Experimental group
原料 Ingredients				
玉米 Corn	63.05	43.35	65.00	32.30
高粱 Sorghum		19.00		32.00
豆粕 Soybean meal	26.50	26.50	21.00	20.50
大米蛋白粉 Rice protein meal	3.00	3.00	3.00	3.00
菜籽粕 Rapeseed meal	2.00	2.00	3.00	3.00
油 Oil	0.70	1.40	3.50	4.70
石粉 Limestone	1.45	1.45	1.40	1.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.30	1.30	1.10	1.10
预混料 Premix[1)]	2.00	2.00	2.00	2.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrition levels[2)]				
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.13	12.13	12.89	12.89
粗蛋白质 CP	19.81	19.94	17.78	17.81
粗脂肪 EE	3.73	4.35	6.51	7.58
钙 Ca	0.94	0.96	0.86	0.90
非植酸磷 Non-phytate phosphorus	0.44	0.45	0.40	0.42
食盐 NaCl	0.36	0.38	0.26	0.29
赖氨酸 Lys	1.12	1.13	1.02	1.02
蛋氨酸 Met	0.48	0.48	0.43	0.42
苏氨酸 Thr	0.73	0.73	0.73	0.73
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.66	0.64	0.74	0.70

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：Cu 25 mg，Fe 96 mg，Mn 105.4 mg，Zn 98 mg，Na 0.9 mg，VA 1 200 IU，VD_3 2 500 IU，VE 20 mg，VK_3 3.0 mg，VB_1 3.0 mg，VB_2 8.0 mg，VB_6 7.0 mg，VB_{12} 0.03 mg，泛酸 pantothenic acid 20.0 mg，烟酸 niacin 50.0 mg，生物素 biotin 0.1 mg，叶酸 folic acid 1.5 mg。

[2] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.4　饲养管理

试鸡采用复层式笼养，人工持续光照制度，保持正常温度，舍内采用锅炉控温，1~7 日龄 30~33 ℃、8~14 日龄 27~29 ℃、15~21 日龄 24~26 ℃、27~56 日龄 20~21 ℃，鸡舍自然通风，定期打扫鸡舍卫生，相对湿度保持在 55%~65%，自由饮水和采食，按常规免疫。57 日龄时，分别从每个组的每个重复抽取 1 只接近平均体重、行为及采食正常的健康的良凤花公鸡，个体单笼饲养进行代谢试验。先预试 5 d，观察每只鸡的采食量，之后禁食 1~2 天，观察粪便没有固态物质排出，即可开始正式试验，正式试验时间为 5 d，少量多次饲喂，采用全收粪法进行代谢试验。

1.5　测定指标及方法

1.5.1　AME 和营养物质表观消化率

根据 GB/T 14699.1—2005《饲料采样法》收集饲粮粉碎后的样品 1 kg，按"四分法"减少到 250 g，分装于样品袋，标注样品信息，－20 ℃冰箱保存待测。

正试期时，饲喂 4 h 后收集粪盘中的排泄物，拣出羽毛和遗洒饲粮。收集后每 100 g 鲜粪加 10%硫酸 20 mL，并于－10 ℃冰柜保存。正试期结束后，将收集的排泄物在 65 ℃下烘干至恒重，室温下回潮 24 h，记录每个重复的干排泄物重，并粉碎，过 40 目筛，混合均匀，装袋封口备测。

饲粮和粪便中干物质（DM）含量参照 GB/T 6435—2006 的方法测定，总能（GE）值使用 WZR-1T-B 自动量热仪测定。CP 含量参照 GB/T 6432—1994 的方法，使用 FOSS-2300 自动凯氏定氮仪测定。粗脂肪（EE）含量参考 GB/T 6433—2006 的方法，采用索氏提取法测定。CF 含量参照 GB/T 6434—2006 的方法，采用 ANKOM A200i 半自动纤维分析仪测定。粗灰分（ash）含量采用 GB/T 6438—92 方法测定。计算公式如下：

无氮浸出物（NFE）=DM－（ash+CP+CF+EE）；

饲粮中营养物质的表观消化率（%）=100×（食入营养物质量－对应粪中营养物质量）/食入营养物质量。

全收粪法计算 AME：

AME=GE－FUE；

其中：AME 为每鸡每日食入代谢能（MJ）；GE 为每鸡每日食入饲粮总能（MJ）；FUE 为每鸡每日排出粪尿能（MJ）。

1.5.2　屠宰性能

于试鸡饲养试验 56 日龄时分别从各组每个重复选择 1 只接近该组平均体重的试鸡，屠宰后测定各项屠宰性能。参考 NY/T 823—2004《家禽生产性能名次术语和度量统计方法》，计算屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率。计算公式如下：

屠宰率（%）=100×屠体重/宰前活重；

半净膛率（%）=100×半净膛重/宰前活重；

全净膛率（%）=100×全净膛重/宰前活重；

胸肌率（%）=100×胸肌重/全净膛重；

腿肌率（%）=100×腿肌重/全净膛重；

腹脂率（%）=100×腹脂重/全净膛重。

1.5.3　肉品质的测定

于试鸡饲养试验 56 日龄时分别从各组每个重复选择 1 只接近该组平均体重的试鸡，屠宰后在规定时间内测定剪切力、烹饪损失、滴水损失、肉色及 pH 等肉品质常规指标，测定方法如下。

剪切力：采用数显式肌肉嫩度仪（C-LM4，东北农业大学工程学院）测定肉鸡胸肌，腿肌的剪切力。鸡宰杀后立即取肉鸡胸肌，腿肌各 1 块（厚度在 2.54 cm），水浴加热或烤至肉块中心温度 72~75 ℃，自然冷却或低温至一定温度后，沿肌纤维方向取 6 个以上直径 1.27 cm 的肉柱，再用嫩度仪沿肌纤维方向切断肉柱，记录剪切力值。

烹饪损失：取鸡肉胸肌，腿肌各 1 块（厚度在 2.54 cm）称重，并置于 0.08 cm 厚的聚乙烯塑料袋内，真空包装后将样品于 75 ℃水浴中加热 20 min。水浴后的肉样袋于 15 ℃流水中冷却 40 min，然后打开包装袋，用滤纸吸干肉样表面水分后称重，按下式计算烹饪损失。

烹饪损失（%）=100×$[W_1\text{-}W_2]/W_1$;

式中：W_1 为肌肉鲜重(g)，W_2 为烹饪后的重量(g)。

滴水损失：屠宰后 1 h 内，将肌肉修剪为长 2 cm、宽 2 cm、厚 1 cm 的肉块，称重，用细铁丝钩住肉样一端，使肌纤维垂直向下，让铁丝另一端固定于塑料杯底部，使肉样悬挂于塑料杯内，装入保鲜袋，封口后置于 4 ℃冰箱，24 h 后取出肉样，将肉样表层汁液用洁净滤纸拭去后称重，按照公式计算 24 h 滴水损失。

滴水损失$_{24\ h}$（%）＝100×$[W_3\text{-}W_4]/W_3$；

式中：W_3 为肌肉鲜重(g)，W_4 为 24 h 后的重量(g)。

肉色：取屠宰后 30~45 min 的胸大肌和大腿肌样本（尽量保持内侧肌肉表面平整光滑），平放在托盘上，将已校正的色差仪（CR-400，Konica Minolta Sensing, INC.）插入样本中，

测定靠近骨侧肌肉表面（无掉色、出血点和瘀血等现象）的亮度（L*）、红度（a*）和黄度（b*）值，重复测定 3 次，取算术平均值作为最终结果。

pH：测定方法为 pH 测定仪直接测定，采用便携式 pH 计（Testo 205,Testo AG，德国）。取鸡宰杀后 45 min 的胸肌和腿肌样本，将已校正的 pH 计探头插入样本中，使探头与肌肉中的组织液充分接触，待 pH 计读数稳定后记录。每个样本重复测定 3 次，取算术平均值作为该样本的 pH。

1.6　数据分析

试验数据用 Excel 2007 软件进行初步处理后，采用 SPSS 17.0 软件的单因素方差（one-way ANOVA）程序进行系统分析，若组间差异显著，则采用 Duncan 氏法进行多重比较，以 P<0.05 为差异显著性标准。试验结果以“平均值±标准差”表示。

2　结果与分析

2.1　AME 及营养物质表观消化率

由表 3 可知，与对照组相比，高粱+复合酶组和高粱+复合酶+益生菌组 CF 表观消化率显著上升（P<0.05），而高粱组和高粱+益生菌组 CF 表观消化率也有上升趋势，但无显著差异（P>0.05）。各组饲粮中 GE 相当，各组中 AME、ash、DM、EE、NFE 和 CP 表观消化率均无显著差异（P>0.05）。

表 2　总能、表观代谢能与主要营养物质的表观消化率

Table 2　GE, AME and apparent digestibility rate of major nutrients　　%

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental groups				P 值 P-value
		高粱组 Sorghum group	高粱+复合酶组 Sorghum+compound enzyme group	高粱+益生菌组 Sorhum+probiotics group	高粱+复合酶+益生菌组 Sorghum+compound enzyme+probiotics group	
总能 GE/（MJ/kg）	17.07	17.20	17.29	17.14	17.00	
表观代谢能 AME/（MJ/kg）	13.38±0.18	13.27±0.34	13.64±0.33	13.26±0.24	13.31±0.23	0.234
干物质 DM	73.75±2.07	73.03±3.20	73.66±1.87	72.36±1.41	72.98±1.79	0.838

粗脂肪 EE	85.00±8.14	88.18±3.75	89.62±2.23	86.14±5.06	87.27±4.58	0.610
粗纤维 CF	28.87±5.79[b]	32.51±4.02[ab]	37.93±1.61[a]	36.57±5.83[ab]	37.41±9.23[a]	0.044
粗蛋白质 CP	50.10±4.31	45.41±7.14	47.86±1.95	46.03±1.37	46.79±1.69	0.439
粗灰分 Ash	18.05±4.71	22.72±7.35	22.67±6.32	24.27±6.55	20.02±5.03	0.478
无氮浸出物 NFE	89.60±2.08	91.09±2.19	89.05±4.03	87.65±4.83	89.01±2.79	0.525

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(*P*>0.05)，不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(*P*<0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (*P*<0.01). The same as below.

2.2 屠宰性能

由表 3 可知，各组肉鸡的屠宰率基本保持一致，没有显著差异（*P*>0.05）。从半净膛率中可以看出，高粱+益生菌组和高粱+复合酶+益生菌组半净膛率较对照组均显著上升（*P*<0.05）；而相较于高粱组，高粱+复合酶组、高粱+益生菌组和高粱+复合酶+益生菌组半净膛率极显著升高（*P*<0.01）。与对照组相比，各试验组中全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率均无显著差异（*P*>0.05）。

表 3　高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡屠宰性能的影响

Table 3　Effects of supplementation with compound enzyme preparation and probiotics in sorghum diets on slaughter performance of broilers　　%

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental groups				*P* 值 *P*-value
		高粱组 Sorghum group	高粱+复合酶组 Sorghum+compound enzyme group	高粱+益生菌组 Sorhum+probiotics group	高粱+复合酶+益生菌组 Sorghum+compound enzyme+probiotics group	
屠宰率 Dressing	91.76±0.87	91.09±0.30	91.35±0.27	91.44±0.82	91.47±0.72	0.612

percentage						
半净膛率 Half eviscerated carcass percentage	82.41±0.84^{ABbc}	80.98±1.35^{Bc}	83.40±1.41^{Aab}	84.52±1.46^{Aa}	84.10±1.54^{Aa}	<0.001
全净膛率 Eviscerated carcass percentage	69.67±3.34	67.02±0.81	68.14±0.97	68.37±1.99	68.49±1.33	0.251
胸肌率 Pectoral muscle percentage	14.73±1.88	15.26±0.87	15.46±1.15	15.43±1.13	16.12±1.52	0.535
腿肌率 Leg muscle percentage	18.31±1.80	18.33±0.79	18.13±0.79	18.00±1.40	18.49±0.90	0.963
腹脂率 Abdominal fat percentage	2.58±0.85	2.62±0.68	2.38±0.23	2.78±0.32	3.13±0.68	0.360

2.3 肉品质

由表 4 可知，与对照组相比，各试验组胸肌和和腿肌中 pH、剪切力、滴水损失均无显著差异（*P*>0.05）。高粱+复合酶+益生菌组胸肌中 L*值与高粱组和高粱+益生菌组相比差异极显著（*P*<0.01），与对照组相比差异显著（*P*<0.05）。从腿肌 a*值中可以看出，各试验组与对照组相比差异显著（*P*<0.05），而各试验组中均无显著差异（*P*>0.05）。高粱组及高粱+复合酶+益生菌组腿肌中烹饪损失与对照组相比差异显著（*P*<0.05），与其余试验组相比没显著差异（*P*>0.05）。

表 4 高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡肉品质的影响

Table 4 Effects of supplementation with compound enzyme preparation and probiotics in sorghum diets on meet quality of broilers %

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental groups				*P* 值 *P*-value
		高粱组 Sorghum	高粱+复合酶组 Sorghum+comp	高粱+益生菌组	高粱+复合酶+益生菌组	

				group	ound enzyme group	Sorhum+probiotics group	Sorghum+compound enzyme+probiotics group	
	pH		6.35±0.38	6.60±0.22	6.27±0.29	6.26±0.20	6.12±0.16	0.052
	烹饪损失 Cooking loss/%		18.74±2.73	21.21±2.11	21.49±1.89	19.57±1.44	20.90±1.50	0.110
	剪切力/N		27.09±9.20	31.83±3.85	35.41±12.87	38.98±14.81	31.84±5.44	0.416
	滴水损失 Drip loss/%		7.51±2.04	6.21±0.80	5.93±2.84	5.16±0.85	4.86±1.37	0.153
胸肌 Pectoral muscle	肉色 Meat color	亮度 L*	47.84±1.88^{ABb}	46.11±2.40^{Bb}	48.19±3.02^{ABab}	45.87±2.37^{Bb}	51.00±2.40^{Aa}	0.009
		红度 a*	4.92±1.68	4.51±1.50	4.47±1.62	4.61±0.75	4.36±0.69	0.973
		黄度 b*	6.12±2.32	3.85±0.58	4.08±1.88	3.55±1.01	5.01±1.91	0.081

	pH		6.34±0.15	6.19±0.33	6.28±0.07	6.20±0.09	6.12±0.07	0.274
	烹饪损失 Cooking loss/%		23.12±2.11^{b}	29.56±4.09^{a}	26.66±4.87^{ab}	27.18±2.49^{ab}	29.14±3.46^{a}	0.033
	剪切力/N		22.18±5.62	28.46±9.77	23.42±4.17	25.18±3.93	25.35±5.13	0.475
	滴水损失 Drip loss/%		5.79±1.59	7.30±2.91	6.89±7.65	5.30±2.48	10.10±2.57	0.305
腿肌 Leg muscle	肉色 Meat color	亮度 L*	52.41±5.74	53.57±1.96	52.67±2.13	51.39±2.75	54.11±4.48	0.747
		红度 a*	11.82±3.80^{Aa}	6.79±0.59^{Bb}	8.41±2.11^{ABb}	6.73±1.25^{Bb}	6.32±2.07^{Bb}	0.002
		黄度 b*	7.30±3.15	7.14±0.45	5.11±1.13	5.29±0.77	4.62±2.13	0.057

3 讨 论

高粱与玉米的营养价值相近，但因其中抗营养因子的影响，对畜禽生产性能有一定的影响。赵建飞等[6]在肉鸡高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌研究发现，与玉米饲粮组相比，高粱+复合酶制剂+益生菌饲粮组前期平均日增重（ADG）无显著差异，平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）显著下降，后期和全期中 ADG、ADFI 显著下降。而本试验在此基础上研

究高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对良凤花肉鸡屠宰性能、肉品质、表观代谢能和主要营养物质表观消化率的影响。

3.1　高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡 AME 和营养物质表观消化率的影响

高粱中含有抗营养因子，添加复合酶制剂能提高其营养物质的消化率。如由大鹏等[7]在肉鸡低能饲粮中添加非淀粉多糖（NSP）复合酶制剂，结果显示提高了肉鸡能量、DM 和 CP 等营养物质消化率；又如王海英等[8]在小麦饲粮中添加木聚糖酶，使得肉鸡的能量利用率和 CP、EE、淀粉的消化率显著提高。饲粮中添加益生菌可以调节动物机体微生态平衡，从而促进机体对营养物质的消化吸收。Mountzouris 等[9]研究发现在肉鸡饲粮中添加枯草芽孢杆菌，显著提高了 EE、CP、DM 和 ash 的表观消化率。然而，目前鲜少关于复合酶制剂和益生菌在高粱饲粮中联用对肉鸡营养物质消化率影响的报道。本试验结果显示，与对照组相比，高粱+复合酶组和高粱+复合酶+益生菌组 CF 表观消化率显著提高了 31.38%和 29.58%，说明在高粱饲粮中添加复合酶制剂和复合酶制剂与益生菌制剂同时添加可以促进肉鸡对 CF 的消化，其中添加复合酶制剂效果最佳，而复合联用时亦有显著作用，但其效果比单独添加复合酶制剂稍弱，可能是添加益生菌后影响了肠道 pH，从而影响了复合酶制剂与底物的结合而影响了 CF 的表观消化率。本试验中各组饲粮中 GE 相当，各组的 AME 和 DM、EE、CP、ash、NFE 表观消化率差异不显著。饲粮中添加高粱后发现各试验组的 CP 表观消化率均低于对照组，这可能是高粱蛋白与玉米蛋白在结构上的差异使得 CP 表观消化率降低；还可能是高粱中的抗营养因子单宁与消化道中的蛋白酶结合，进而降低蛋白质的消化能力。

3.2　高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡屠宰性能的影响

屠宰性能是肉用畜禽胴体品质的重要指标之一，许多发达国家把屠宰性能直接指定在鸡肉标准中，是与营养价值并列的重要指标[10]。本试验结果表明，屠宰率均在 90%以上，全净膛率均在 67%以上，表明几组肉鸡中产肉性能均良好。半净膛率中，高粱+益生菌组和高粱+复合酶+益生菌组半净膛率较对照组分别显著提高 2.56%和 2.05%。4 个试验组中，高粱组的半净膛率分别极显著低于其他 3 个试验组。这与黄金华等[11]和廖玉英等[12]试验结果相似。而李渤南等[13]试验结果表明，饲粮中添加微生态制剂对肉鸡屠宰性能均无显著影响。何万领等[14]研究纤维素复合酶对肉鸡屠宰性能的影响，结果显示添加纤维素复合酶可显著性提高屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率，这与本试验结果相接近。本试验中，除了半净膛率以外，其余各项指标均无显著性差异，Garcia 等[15]用低单宁高粱和高单宁高粱饲喂肉鸡，结果发现并未对胴体产量产生明显的影响，这与本试验结果接近。而齐博等[16]也研究

显示，在饲粮中添加枯草芽孢杆菌对肉鸡屠宰性能无显著差异。综合试验结果说明，用高粱替代玉米，并在高粱饲粮中添加复合酶制剂和芽孢杆菌制剂对肉鸡的屠宰性能无不良影响，在高粱的用量以及制剂配伍使用的比例、添加剂量等方面还需要更加进一步地实践研究，以获得更好的生产效果。

3.3 高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡肉品质的影响

肉品质的优劣主要是依靠肉质指标来评判，肉质指标通常包括 pH、肉色、嫩度、系水力等。其中，pH 会影响肉的鲜味，因为谷氨酸钠是重要的风味物质之一[17]，主要受 pH 的影响。当 pH 在 6.0 左右时，鲜味最大，当 pH 大于 7.0 时，鲜味消失[18]。优质鸡肉在屠宰后 45 min 左右的 pH 应在 6.0~6.5[19]。pH 在不同品种或相同品种的不同部位间都略有差异[18]。本试验中，各组间胸肌、腿肌的 pH 均无显著性差异。除了高粱组中的胸肌 pH 大于 6.5 外，其余均在 6.0~6.5。

肉色是肌肉外观的重要指标，能够吸引消费者的购买欲望，但本身与肉的营养价值无直接关系。我国部分地方品种的鸡种之间肉色差异显著，同一品种的不同部位的肉色也存在差异，这主要是由于鸡肉中的红肌纤维和白肌纤维含量不同[20]。禽肉肉色与其他肉质指标密切相关。本试验用肉色仪来测定 CIELAB（国际照明委员会）系统的 L*、a*和 b*，此法用于定量测定，比肉眼评定更客观、精准[21]。a*值的大小说明肌肉中肌红蛋白含量的高低和存在的状态，肌红蛋白本身呈紫红色，与氧气结合后生成氧合肌红蛋白，颜色为鲜红色，表示肉质新鲜，而随着时间的延长，肌红蛋白和氧合肌红蛋白被氧化生成高铁肌红蛋白，颜色为褐色，使肉色变暗[22]。L*值大小说明肌肉光泽度的高低，与肉样颜色饱和度和滴水损失、pH 及环境光线有关[23]。本试验表明，高粱+复合酶+益生菌组较高粱组和高粱+益生菌组胸肌中 L*值差异极显著，与对照组相比差异显著。从腿肌 a*值中可以看出，各试验组与对照组相比差异显著，而各试验组中均无显著差异。

肌肉系水力是肌肉组织保持水分的能力，多采用失水率、滴水损失和烹饪损失来评定家禽肌肉的系水力，是评定禽肉肉质的重要指标，对加工肉的结构、产量和色泽也有较大影响，它直接决定了肉品加工者的经济效益[24]。肉样的滴水损失和烹饪损失越低，则其系水力越高[25]。在本试验中主要测定了肌肉的滴水损失率和烹饪损失率来评定肌肉的系水力。结果显示，胸肌的烹饪损失较对照组差异不显著，但均高于对照组。而各组间腿肌的烹饪损失差异显著，与对照组相比，高粱组和高粱+复合酶+益生菌组腿肌烹饪损失显著升高，但各试验组间腿肌烹饪损失差异不显著。

肌肉的嫩度反映了肉的质地，它主要取决于肌肉组织中的各组分以及肌肉内部生物化学

变化对各组分特性的改变，主要由肌肉中的结缔组织、肌原纤维和肌浆蛋白含量及化学结构状态[26]。本试验采用由东北农业大学研制的 C-LM4 机械式肌肉嫩度计来测定禽肉嫩度。本试验中，各组间胸肌和腿肌的剪切力差异不显著，说明在高粱饲粮中添加益生菌和复合酶制剂不影响肉质嫩度。

4 结 论

用高粱替代玉米，并在高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌对肉鸡的屠宰性能、肉品质、表观代谢能和各营养物质表观消化率均无不良影响，但在高粱饲粮中添加复合酶制剂和益生菌可以提高 CF 的表观消化率。

参考文献：

[1] 陈丹丹,谷子林,王园园,等.高粱和小麦对生长獭兔的营养价值评定[J].动物营养学报,2014,26(1):170–176.

[2] 米雁,朱琳娜,陈国莹,等.酶制剂在高粱基础型日粮中的研究与应用[J].广东饲料,2015,24(8):31–33.

[3] 武玉珺,曹丙健,杨家昶,等.复合酶制剂对饲喂高粱饲粮肉仔鸡生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(11):3527–3533.

[4] 张泽楠,王宝维,葛文华,等.枯草芽孢杆菌与铜协同作用对 5~16 周龄五龙鹅生长性能、屠宰性能、营养物质利用率及肉品质的影响[J].动物营养学报,2016,28(9):2830–2838.

[5] 林谦,宾石玉,戴求仲,等.益生菌与酶制剂及其协同效应对黄羽肉鸡屠宰性能和免疫器官指数的影响[J].中国饲料,2012(14):27–30.

[6] 赵建飞,胡贵丽,唐千甯,等.高粱饲粮中添加复合酶和益生菌对肉鸡生长性能及肠道功能的影响[J].(待添加)

[7] 由大鹏,杨晓虹,张海燕,等.NSP 酶制剂对肉仔鸡生产性能和养分利用率的影响[J].粮食与饲料工业,2009(11):31–33.

[8] 王海英,呙于明,袁建敏.小麦日粮中添加木聚糖酶对肉仔鸡生产性能和养分消化率的影响[J].粮食与饲料工业,2003(12):53–55.

[9] MOUNTZOURIS K C,TSITRSIKOS P,PALAMIDI I,et al.Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance,nutrient digestibility,plasma immunoglobulins,and cecal microflora composition[J].Poultry Science,2010,89(1):58–67.

[10] 林谦,戴求仲,蒋桂韬,等.不同赖氨酸水平日粮对 49–70 日龄临武鸭屠宰性能的影响[J].中国饲料,2014(1):21–25.

[11] 黄金华,李泰佑,王士长,等.复合益生菌制剂对肉鸡生长性能、屠宰性能和肌肉品质的影响[J].畜牧与饲料科学,2014,35(5):30–33.

[12] 廖玉英,黄英飞,韦凤英,等.不同益生菌制剂对黄羽肉鸡生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J].中国家禽,2014,36(23):29–32.

[13] 李渤南,由佳,王曙光,等.肉鸡饲粮添加复合益生菌制剂应用效果分析[J].中国家禽,2016,38(5):50–53.

[14] 何万领,李晓丽,徐廷生,等.纤维素复合酶对肉鸡屠宰性能和肉质性状的影响[J].中国饲料,2010(6):32–34.

[15] GARCIA R G,MENDES A A,ICL A P,et al.Implications of the use of sorghum in broiler production[J].Revista Brasileira De Ciência Avícola,2013,15(3):257–262.

[16] 齐博,武书庚,王晶,等.枯草芽孢杆菌对肉仔鸡生长性能、肠道形态和菌群数量的影响[J].动物营养学报,2016,28(6):1748–1756.

[17] FUKE S,KONOSU S.Taste-active components in some foods:a review of Japanese research[J].Physiology & Behavior,1991,49(5):863–868.

[18] 李建军.优质肉鸡风味特性研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2003.

[19] 张立元.日粮蛋白质水平对优质鸡生长、屠宰性能及部分肉品质性状的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2006.

[20] 童海兵.地方鸡种类型对优质鸡配套系肉用性能及肉品质的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业大学,2004.

[21] LIU Y,LYON B G,WINDHAM W R,et al.Prediction of physical,color,and sensory characteristics of broiler breasts by visible/near infrared reflectance spectroscopy[J].Poultry Science,2004,83(8):1467–1474.

[22] 殷立华,殷立新,殷立文.不同硒源对鸡肉肉色的影响[J].中国畜禽种业,2011,7(9):123–124.

[23] 洪平,蒋宗勇,蒋守群,等.饲粮维生素A添加水平对43～63日龄黄羽肉鸡生长性能和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):415–426.

[24] 席鹏彬,蒋宗勇,林映才,等.鸡肉肉质评定方法研究进展[J].动物营养学报,2006,18(S1):347–352.

[25] ALLEN C D,FLETCHER D L,NORTHCUTT J K,et al.The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life[J].Poultry Science,1998,77(2):361–366.

[26] 谷英,孙海洲,桑丹,等.肉品质评定指标及影响因素的研究进展[J].中国畜牧兽

医,2013,40(7):100–106.

Effects of Compound Enzyme Preparation and Probiotics Supplementation in Sorghum Diets on Apparent Metabolic Energy, Slaughter Performance and Meet Quality of Broilers

HU Guili TANG Qianning ZENG Shuli SONG Zehe ZHANG Shirui FAN Zhiyong HE Xi*

（*College of Animal Science and Technology*, *Hunan Agricultural University, Engineering Research Center for Feed Safety and Efficient Utilization of Ministry of Education, Hunan Livestock Safety Production Cooperative Innovation Center*, *Changsha* 410128, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of compound enzyme preparation and probiotics supplementation in sorghum diets on the slaughter performance, meet quality, apparent metabolic energy (AME) and major nutrient digestibility of broilers. A total of 900 healthy 1-day-old *Liangfenghua* broilers with the nearly same weight were randomly selected and allocated to 5 groups of control group, sorghum group, sorghum+compound enzyme preparation group, sorghum+probiotics group and sorghum+compound enzyme preparation+probiotics group. Each group contained 6 replicates and 30 broilers per replicate. The experiment period was 68 days, which divided into three stages of early (1 to 28 days of age), late (29 to 56 days of age) and digestibility experiment (57 to 68 days of age). The sorghum was the substitute for 30% corn and compound enzyme preparation supplemental level was 200 g/t in the experimental groups in early period; the sorghum was the substitute for 50% corn and compound enzyme preparation supplemental level was 300 g/t in the experimental groups in late period; and the probiotics supplemental level was 100 g/t in the experimental groups in whole period. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the apparent digestibility of crude fiber (CF) in the sorghum+compound enzyme preparation group and the sorghum+compound enzyme preparation+probiotics group was significantly increased ($P<0.05$), and the AME and other nutrient apparent metabolic rates in experimental groups had no significant difference ($P>0.05$). 2) Compared with the control group, the percentage of half-eviscerated yield of broilers in the sorghum+probiotics group and the sorghum+compound enzyme preparation+probiotics group was significantly increased ($P<0.05$). There were no significant differences in the other indicators of slaughter performance among different groups ($P>0.05$). 3) Compared with the

control group, the lightness (L*) value of chest muscle of broilers in the sorghum+compound enzyme preparation+probiotics group was significantly increased ($P<0.05$), and the redness (a*) value of leg muscle of broilers in all experimental groups was significantly decreased ($P<0.05$). In conclusion, the addition of compound enzyme preparation and probiotics in sorghum diets can improve the apparent digestibility of CF, and has no adverse effects on slaughter performance and meat quality of broiler.

Key words: sorghum; compound enzyme preparation; *Bacillus*; slaughter performance; meet quality; metabolic energy; nutrient digestibility

i

*Conresponding author, professor, E-mail: hexi111@126.com (责任编辑　田艳明)